

# REVUE DE STATISTIQUE APPLIQUÉE

PAUL GILLIS

## **Sur quelques applications des méthodes statistiques en papeterie**

*Revue de statistique appliquée*, tome 1, n° 2 (1953), p. 15-18

[http://www.numdam.org/item?id=RSA\\_1953\\_\\_1\\_2\\_15\\_0](http://www.numdam.org/item?id=RSA_1953__1_2_15_0)

© Société française de statistique, 1953, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « *Revue de statistique appliquée* » (<http://www.sfds.asso.fr/publicat/rsa.htm>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

*Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques*  
<http://www.numdam.org/>

# SUR QUELQUES APPLICATIONS DES MÉTHODES STATISTIQUES EN PAPETERIE

par

**Paul GILLIS**

Professeur à l'Université de Bruxelles

*C'est presque un lieu commun que de déplorer l'absence de liens entre l'Université et l'Industrie. Il nous est agréable d'observer que cette constatation touche peut-être moins la statistique que d'autres disciplines scientifiques (c'est bien d'ailleurs dans la nature des choses).*

*Monsieur Paul P. GILLIS, Professeur à l'Université de Bruxelles, s'est intéressé à un certain nombre de réalisations industrielles ; il expose l'une de ses expériences dans l'article qui suit. On notera que le statisticien s'il veut appliquer ses techniques à une industrie donnée, ne peut se passer d'une solide connaissance technique de cette industrie. Statisticien et technicien doivent-ils être toujours réunis dans une seule et même personne, ou constituer les deux membres d'une équipe de travail ? La réponse à cette question sera variable suivant les cas. Les remarques générales que nous donne Monsieur GILLIS à la fin de son article aideront peut-être à y répondre.*

## **Résumé.**

Dans cette note, nous citons quelques problèmes que nous avons rencontrés dans la fabrication de la pâte et du papier, dont l'étude repose sur l'emploi des méthodes statistiques. Nous avons utilisé la « carte de contrôle » pour certaines caractéristiques physiques du papier, en particulier pour le poids au m<sup>2</sup>.

Nous avons utilisé différents dispositifs expérimentaux (méthode des blocs, méthode du carré latin, méthode du type factoriel) dans plusieurs recherches. Il nous est impossible de donner ici les développements techniques concernant le choix d'un dispositif expérimental et l'interprétation statistique des observations et de dresser un tableau général des résultats obtenus.

## **I. INTRODUCTION.**

L'emploi des méthodes statistiques en papeterie, comme dans les autres industries, permet de résoudre de nombreux problèmes complexes ; on peut encore affirmer qu'une étude objective et efficace de la plupart des problèmes qui se posent nécessite l'emploi de telles méthodes.

Dans l'entreprise considérée, il y a cinq machines à papier, trois dont la largeur utile est de 3,60 m. et deux dont la largeur utile est de 2,60 m. On y fait différentes sortes de papier. La qualité de la main-d'œuvre est relativement mauvaise ; cela est dû essentiellement à la position géographique de l'entreprise. Après la dernière guerre, le matériel était en mauvais état et le personnel affecté au contrôle ordinaire, insuffisant. En ce qui concerne le contrôle du poids au m<sup>2</sup>, par exemple, il était effectué par les conducteurs des machines (c'est-à-dire par les chefs des différentes équipes ; la fabrication étant continue, il y a trois équipes par machine) et vérifié, partiellement, par un chef-

conducteur. Les résultats journaliers qui étaient communiqués au chef du département, étaient, en général, faussés ; il n'était pas possible d'en tirer des conclusions objectives. Le contrôle d'autres caractéristiques physiques ou chimiques se faisait, de temps à autre, au laboratoire.

Après avoir obtenu l'autorisation d'appliquer les méthodes statistiques à l'étude d'un problème, nous décidâmes de contrôler, en premier lieu, les poids des papiers fabriqués. Nous avons choisi cette caractéristique parce qu'elle influence la plupart des autres caractéristiques, ainsi que le prix de revient du papier ; d'autre part, on enregistrait un assez grand nombre de réclamations concernant les poids des papiers livrés. La « mise sous contrôle » de cette caractéristique fut laborieuse parce qu'elle dépend de beaucoup de facteurs difficiles à contrôler ; il fallut procéder à de multiples essais et à de nombreuses modifications techniques avant d'y arriver. Les résultats de cette expérience ayant été jugés excellents, il fut facile de convaincre la direction de l'entreprise d'étendre le contrôle statistique à d'autres caractéristiques et d'utiliser les méthodes statistiques dans de nombreuses recherches, en particulier, dans des études assez complexes concernant la fabrication de la pâte à papier (dans une section de cette entreprise, on fait de la pâte chimique).

Nous donnons, ci-dessous, quelques brèves indications relatives à certains problèmes traités et nous faisons quelques remarques d'ordre général.

## 2. CONTROLE DU POIDS.

Le contrôle débuta par la prise en considération de l'une des machines et d'une fabrication déterminée. Au cours d'une fabrication, on préleva une petite bobine et, dans cette bobine, on découpa au hasard, une quarantaine de bandes de papier, ayant la largeur de la machine et une longueur d'environ 50 cm. Dans chacune de ces bandes, on découpa huit rectangles de 25/40 cm, également répartis en largeur, qui furent pesés au laboratoire. Les dispersions en largeur et en longueur étaient considérables et de plus, on observa une tendance systématique en largeur (le poids des échantillons prélevés à gauche était supérieur à celui des échantillons prélevés à droite). Cette tendance provenait d'un mauvais réglage de la réglette de la machine. Le même procédé fut appliqué aux autres machines. On se proposa, en premier lieu, d'étudier les variations en largeur et de les réduire au minimum. Par des modifications apportées aux réglages et à certains dispositifs des machines (table, système d'ébranlement, mode d'alimentation des machines), on parvint à réduire sensiblement ces variations en largeur et à éliminer les tendances systématiques. On étudia ensuite les variations en longueur. Pendant un mois, on préleva des échantillons aux diverses machines. En papeterie, il est difficile de prélever des échantillons au hasard. Bien souvent, il faut se contenter d'une bande de papier découpée en fin de bobine ; ce n'est que pour certaines fabrications (par exemple, pour les papiers « en format ») qu'on peut éventuellement prélever, au hasard, plusieurs bandes par bobine, sans nuire aux opérations ultérieures (passage à la calendre, bobinage, etc...).

L'analyse des résultats montra que les distributions des poids n'étaient pas normales, que les tolérances n'étaient pas respectées et que, pour les équipes de nuit, les résultats étaient moins bons que pour les équipes de jour. Cette différence provenait du fait que, pendant la nuit, la surveillance était moins forte que pendant le jour ; elle disparut après avoir renforcé le contrôle de nuit. Il apparut nettement qu'une amélioration sensible des résultats ne pouvait être obtenue que moyennant un certain nombre de modifications techniques. Parmi les principales modifications techniques qui furent réalisées, citons : l'installation d'un régulateur par machine, un contrôle des moulineurs, l'installation d'épurateurs, de pompes, de commandes électriques individuelles, l'installation de purgeurs à la sécherie, la modification du système de ventilation. Il fallut plusieurs mois pour réaliser ces diverses modifications. Pendant cette période, le contrôle s'effectua comme indiqué ci-dessus ; il n'était pas fait « aux machines », mais « en laboratoire ». On ne confectionna pas de cartes de contrôle ; les observations étaient soumises à diverses analyses statistiques. Ces analyses permirent notamment d'apprécier quantitativement l'effet des différentes modifications techniques ; elles permirent également de comparer entre elles les cinq machines et les différentes équipes. La composition de certaines équipes fut changée. On fit des analyses de variance pour comparer les variations en largeur et en longueur. A la fin de cette période transitoire, on observa, pour les cinq machines et pour les différentes sortes de papier fabriquées, que les distributions des poids étaient approximativement normales et que les variabilités des résultats étaient compatibles avec les tolérances admises. On décida alors d'installer le contrôle aux machines. On confectionna les cartes de contrôle. Le personnel chargé du contrôle prélève les échantillons. Dans chaque bande de papier, on découpe quatre rectangles (au lieu de huit, initialement), également répartis en largeur. Ces rectangles sont pesés séparément. Les résultats sont communiqués immédiatement aux conducteurs des machines ; sur la carte de contrôle, on porte la moyenne des quatre résultats. Mensuellement, les observations sont analysées.

On calcule pour les cinq machines, les différentes équipes et les différentes fabrications, les moyennes des poids des quatre rectangles. Ces moyennes sont testées entre elles ; lorsqu'il y a des différences significatives, on essaye d'en déterminer la cause. Le calcul des moyennes globales a mis en évidence le fait que certaines équipes avaient une tendance à travailler systématiquement soit au-dessus du poids, soit en dessous du poids, les points sur la carte restant cependant entre les limites de contrôle. On a pu rapidement corriger ces défauts. Comme nous l'avons souligné ci-dessus, il est, en général, difficile de prélever un échantillon au hasard, dans une papeterie. Ne prendre que des bandes de papier en fin de bobine peut fausser les analyses ; le conducteur aura aussi une tendance à effectuer le réglage de façon à être au poids à la fin de la bobine. Dans ces conditions, il est souhaitable de procéder à un contrôle supplémentaire, lorsque la chose est possible. Nous le faisons pour les papiers « en format » et parfois pour les autres papiers. Les papiers « en format » étant découpés en feuilles dans l'entreprise, on prélève, au hasard, un certain nombre de feuilles ; dans ces feuilles, on découpe des rectangles de 25/40 cm qui sont pesés au laboratoire. On compare les résultats à ceux de la carte de contrôle. Jusqu'à présent, on a rarement enregistré des différences sensibles.

Mensuellement, on fait un tableau pour la direction générale ; il permet de se rendre compte rapidement de la qualité du travail des différentes équipes. Ce contrôle statistique a permis de réduire considérablement le pourcentage de déchet ; d'autre part, on a pu augmenter sensiblement la vitesse des machines, tout en respectant les tolérances. Le coût du contrôle est minime par rapport aux bénéfices ainsi réalisés.

### **3. AUTRES CONTROLES.**

On a appliqué le contrôle statistique à d'autres caractéristiques du papier : la rupture, l'allongement (dans les deux sens), l'éclatement, la déchirure (dans les deux sens), la porosité, l'épaisseur, le pourcentage de cendres. Pour certaines fabrications, des mesures sont faites aux machines et immédiatement communiquées aux conducteurs ; mais, généralement, elles se font au laboratoire, la plupart dans un local conditionné. On avait confectionné des cartes de contrôle pour quelques-unes de ces caractéristiques ; aujourd'hui, on les a supprimées. Périodiquement, on analyse ces observations. On a pu apprécier, de cette manière, l'influence du procédé de fabrication, de la qualité de la pâte et d'autres matières premières utilisées sur certaines de ces caractéristiques ; on a pu également comparer des papiers d'origine différente. On a étudié encore la dépendance existant entre certaines caractéristiques, par exemple entre le poids et la force de rupture. Parmi les autres études statistiques qui ont été faites dans cette papeterie, signalons celle relative aux eaux résiduelles. Quelques modifications techniques ont permis d'augmenter sensiblement le pourcentage de pâte récupérée.

Comme la dispersion de certaines caractéristiques physiques du papier dépend non seulement du genre de papier fabriqué, mais encore de la nature et du traitement des matières premières, on fut amené à étudier divers problèmes concernant la fabrication de la pâte, dans cette entreprise. Dans une telle fabrication, de nombreux facteurs peuvent être pris en considération ; par exemple, la qualité du bois, le procédé de coupage, la dimension des copeaux, la densité de remplissage du lessiveur, la température et la durée de cuisson, la composition et la concentration de la lessive. Ces facteurs ont, en général, une influence sur le rendement, sur le raffinage, sur les possibilités de blanchiment, sur la dégradation de la pulpe, etc... Nous avons fait de nombreuses expériences mettant en jeu des dispositifs expérimentaux différents : méthode des blocs, méthode du carré latin, méthode du type factoriel. Nous avons utilisé la dernière pour étudier les interactions de certains facteurs. Les résultats obtenus jusqu'à présent ont permis d'améliorer nettement la fabrication ; diverses modifications techniques ont encore été adoptées. Elles ont trait au triage du bois, à l'écorçage et au coupage du bois, à la préparation et au conditionnement de la lessive, à la transformation de certains lessiveurs.

Signalons une autre expérience, du type factoriel, en cours de réalisation ; elle concerne le blanchiment de la pâte. On désire étudier l'influence de la température, du type d'agent de blanchiment et du pH sur certaines caractéristiques de la pâte blanchie.

Il y a beaucoup d'autres problèmes que l'on rencontre dans la fabrication de la pâte et du papier, dont l'étude quantitative nécessite l'emploi des méthodes statistiques.

### **4. REMARQUES GÉNÉRALES.**

L'application des méthodes statistiques dans cette entreprise a eu des conséquences nombreuses et importantes.

Le contrôle statistique des poids et d'autres caractéristiques des papiers a permis de se faire une idée précise des possibilités des machines et de la qualité de la main-d'œuvre. On a pu réaliser une meilleure répartition des fabrications ; pour certaines sortes de papiers, l'une des machines convient mieux que les autres. Jadis, on demandait aux ouvriers de fabriquer des papiers répondant à des tolérances qu'il n'était pratiquement pas possible de respecter. Cela créait un mauvais climat de travail qui a disparu aujourd'hui ; le rendement des équipes a nettement augmenté.

Auparavant, on ne disposait, pour l'étude de certains problèmes, que de données qualitatives ou de données quantitatives insuffisantes. Par exemple, l'effet d'interaction de deux ou plusieurs facteurs dans un procédé de fabrication n'avait pu être mis en évidence ou était mal connu. Il en résultait que la mise au point du procédé était difficile, souvent longue et coûteuse. L'application de ces méthodes non seulement a permis d'améliorer sensiblement la qualité de la fabrication, de réduire le prix de revient, de réaliser des modifications techniques considérables et rentables, mais encore a contribué à rendre meilleures les relations humaines entre les membres du personnel, d'une part, les relations commerciales entre l'entreprise et les clients d'autre part. Cet aspect psychologique de la question est important. Il a fallu plusieurs mois avant que le personnel subalterne s'intéresse réellement au contrôle statistique. Depuis que l'on a accordé une prime mensuelle à la « meilleure » équipe de chaque machine, la situation s'est complètement modifiée. Pour l'attribution de cette prime, on a adopté une formule simple. A la fin du mois, on calcule le poids des « cassés » par machine, c'est-à-dire la différence entre le poids des bobines fabriquées et le poids du papier expédié. Si cette différence dépasse un certain pourcentage, qui dépend du genre de papier fabriqué, la prime est supprimée. Sinon, l'équipe dont le pourcentage de bobines défectueuses est le plus faible (une bobine est considérée comme défectueuse lorsque le point correspondant sur la carte de contrôle tombe en dehors des limites), reçoit la prime.

Nous avons rencontré des difficultés pour appliquer les méthodes statistiques dans cette entreprise, parce que le personnel de cadre ignorait les techniques statistiques. Il a fallu un certain temps pour combler cette lacune, pour expliquer aux chefs de service l'intérêt et la portée de ces méthodes. Aussi, il serait souhaitable que l'on crée en Belgique, comme on l'a fait dans d'autres pays, un centre de formation aux applications industrielles de la statistique, pour les ingénieurs et les techniciens. Il serait souhaitable encore qu'un cours consacré à cette matière figure au programme des écoles techniques. D'autre part, nous ne croyons pas que l'adoption d'une telle mesure permette aux chefs d'entreprise de se passer des services d'un statisticien. La résolution de bien des problèmes — nous en avons mentionné quelques-uns ci-dessus — exige une connaissance approfondie de la statistique. Il n'est plus possible, aujourd'hui, qu'un ingénieur, un chimiste, un technicien quelconque, spécialisé dans un domaine déterminé, soit aussi un statisticien accompli.